



DEUTSCHES  
PATENTAMT

- 21 Aktenzeichen: 195 38 978.8-12  
22 Anmeldetag: 19. 10. 95  
43 Offenlegungstag: —  
46 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 21. 11. 98

DE 195 38 978 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 39108  
Magdeburg, DE

72 Erfinder:

Goetze, Roland, Dr.-Ing., 39128 Magdeburg, DE;  
Kasper, Roland, Prof. Dr.-Ing., 39328 Samswegen,  
DE; Schröder, Joachim, Dr.-Ing., 39245 Gommern,  
DE

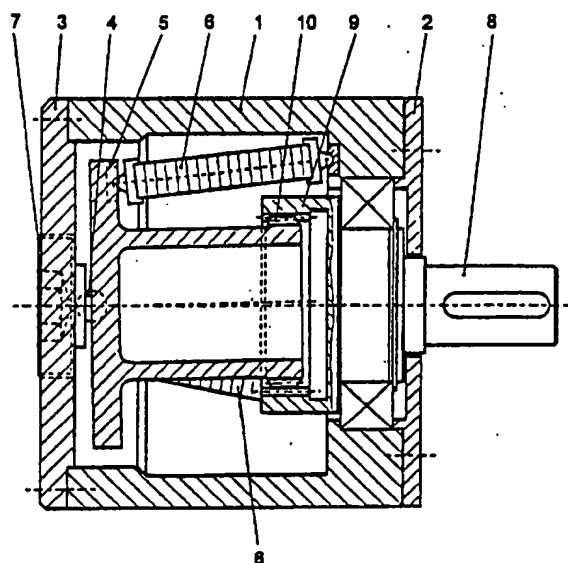
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 43 30 032 A  
DE 33 09 239 A1  
DE 32 13 348 A1  
EP 04 49 048 B1  
EP 01 69 297 B1  
EP 02 97 574 A2

Dr.-Ing. Anger »Piezokeramische Vibratoren«, in:  
Feingerätetechnik, Berlin 32 (1983) 10, S. 470-473;  
DE-Buch: Kallenbach, Bögelsack, »Gerätetechnische  
Antriebe«, Carl Hanser Verlag, München Wien, 1991,  
S. 72-78;

54 Antriebseinheit zur Erzeugung vorzugsweise rotatorischer Abtriebsbewegungen, insbesondere mittels piezoelektrischer Aktoren

- 57 Die Bewegungsübertragung von piezoelektrischen Aktoren auf ein Abtriebsglied nutzt bekannterweise Reibschluß an der Koppelstelle. Berührungskräfte an dieser Stelle schwanken nach Materialzustand und Verschleiß und lassen nur ein geringes Übertragungsmoment zu. Durch geeignete Wahl eines räumlichen Gelenkgetriebes kann dieses als zwangläufige und formschlüssige Baugruppe die translatorische oszillierende Bewegung von piezoelektrischen Aktoren in eine fortlaufende translatorische oder rotatorische Bewegung umformen. Geeignet ist die Umformung über einen in einem Kugelgelenk 4 gelagerten Körper 5, der durch drei Aktoren 6 in eine Taumelbewegung versetzt wird. Von diesem Körper werden spezielle Punkte bestimmt, die für eine Weitergabe der Bewegung geeignet sind und zu diesem Zweck z. B. als Verzahnung 9, 10 ausgebildet sind. Hierdurch wird das Abtriebsglied 8 in Rotation versetzt.



DE 195 38 978 C 1

Die Erfindung betrifft eine Antriebseinheit zur Erzeugung vorzugsweise rotatorischer Abtriebsbewegungen, die als eigentliche Antriebselemente vorzugsweise piezoelektrische Aktoren aufweist. Diese Aktoren ändern unter dem Einfluß einer veränderlichen elektrischen Spannung ihre Länge und erzeugen somit in einem kinematischen System gelenkig miteinander verbundener Körper (Glieder) eine zwangsläufige Bewegung derart, daß die Translation oder Rotation eines Gliedes genutzt werden kann bis hin zur fortlaufenden Bewegung.

Nach dem heutigen Stand der Technik werden Aktoren als piezoelektrische Biegewandler oder Translatoren einzeln, in Gruppen oder in Verbindung mit Wegveränderungssystemen für eine fortlaufende translatorische oder drehende Bewegung eines Abtriebsgliedes selbst in Längs- oder Biegeschwingungen versetzt, um einen eigenen ausgewählten Punkt auf einer geschlossenen Bahn zu bewegen, die geeignet ist, diese Bewegung durch Reibpaarung mit einem Abtriebsglied auf dieses zu übertragen (Ultraschallmotoren). Andere Ausführungen bewirken durch Klemmen und Lösen eine Mitnahme, also auch durch Reibschluß nach dem "Inchworm-Motor-Prinzip". Durch ringförmige Anordnung von Aktoren und ihre periodische Ansteuerung kann eine Wanderwelle erzeugt werden, die, auf einen Rotor übertragen, eine Drehung bedingt.

Diese Ausführungen sind z. B. in folgenden Patenten und Literaturquellen dargestellt:

DE 33 09 239 A1, DE 32 13 348 A1, DE 43 30 032 A1, EP 02 97 574 A2, EP 04 49 048 B1, EP 01 69 297 B1; ANGER, Piezokeramische Vibromotoren, Feingeräte-technik, Berlin 32 (1983) H. 10, S. 470—473; BÖGELSACK u. a.; Gerätetechnische Antriebe, Carl Hanser Verlag München Wien 1991.

Die bekannten Lösungen besitzen u. a. folgende Mängel:

— Eine Bewegungsübertragung durch Reibschluß weist Schlupf auf der u. a. von der Materialpaarung und den wirkenden Kräften abhängig ist, und damit eine Ungenauigkeit in dem Übersetzungsverhältnis.

— Die Kraft- und Momentenübertragung wird durch die wirkende Normalkraft (Mindestvorspannung erforderlich) an der Paarungsstelle und den Reibbeiwert bestimmt. Die Nichteinhaltung der vorausgerechneten Werte beeinflusst das Nutzmoment und kann zum Anwendungsrisiko werden.

— Durch Verschleiß an der Reibpaarungsstelle kann die Funktion bis zum Ausfall beeinflusst werden.

— Zur Sicherung der Funktion werden Piezomotoren mit Reibschluß an der Bewegungsübertragungsstelle mit hoher Frequenz betrieben, eine Drehzahlverstellung ist über die Frequenz kaum möglich.

— Die übertragbaren Momente dieser Motoren sind insbesondere bei Biegeschwingern sehr gering.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Antriebseinheit zur Erzeugung vorzugsweise rotatorischer Abtriebsbewegungen zu schaffen, die folgende Anforderungen mindestens teilweise erfüllt:

— vorzugsweise Verwendung piezoelektrischer Aktoren als eigentliche Antriebselemente

— Verzicht auf die Notwendigkeit zur Bewegungsübertragung durch Reibschluß

— frequenz- bzw. drehzahlverstellbare translatorische oder rotatorische Abtriebsbewegung bei höherem Nutzmoment.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Antriebseinheit gemäß dem Hauptanspruch gelöst.

Der Grundgedanke der Erfindung besteht folglich darin, daß die Lage eines um drei Achsen beweglichen Taumelkörpers mittels der gesteuerten Längenänderung von mindestens drei Aktoren, die selbst Glieder eines räumlich wirkenden Getriebes sind, geändert wird. Die daraus resultierende Bewegung eines Punktes des Taumelkörpers auf einer geschlossenen Bahn bewirkt eine Translation oder Rotation eines angekoppelten Abtriebsgliedes.

Verschiedene vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Antriebseinheit sind in den zugehörigen Unteransprüchen angegeben.

Die erfindungsgemäße Lösung wird einschließlich ihrer Funktionsweise nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Anordnung der Antriebsaktoren und ihr Wirken auf einen in dem gestellfesten Punkt kugelgelenkgelagerten Taumelkörper, von dem ein ausgewählter Punkt B die Bewegung auf einen verzahnten Körper als Abtriebsglied weitergibt,

Fig. 2 und 3 die Weitergabe der Bewegung des Punktes B auf eine gelenkige Gliedergruppe zur Erzeugung einer rotatorischen Abtriebsbewegung,

Fig. 4 die gleichmäßige Verwendung mehrerer Punkte des kugelgelenkgelagerten Körpers zur Bewegungsübertragung auf einen verzahnten Körper, um durch die Überdeckung der Bewegung eine Sperrfunktion zu integrieren,

Fig. 5 die konstruktive Ausbildung eines Piezomotors mit einer Zahnradpaarung.

Gemäß Fig. 1 sind drei Aktoren wesentlicher Bestandteil der Erfindung, wobei in anderen, hier nicht gezeigten Ausführungsformen auch mehr als drei Aktoren zugelassen sein können. Als Aktoren kommen bevorzugt längsschwingende piezoelektrische Aktoren zum Einsatz. Prinzipiell können jedoch auch auf anderen Funktionsprinzipien aufbauende Aktoren verwendet werden, z. B. hydraulische Aktoren. Diejenigen Aktorenachsen, die in Richtung der Längenänderung der Aktoren liegen, sind zweckmäßigerweise zueinander geneigt.

Die Aktoren sind in den ausgewählten Punkten A1, A2, A3 eines Taumelkörpers sowie den vorbestimmten, vorzugsweise gestellfesten Punkten C01, C02, C03 eines anderen Körpers gelagert. Die Längenänderung der Aktoren kann nach einem vorgegebenen Schema oder einer vorgegebenen Funktion gesteuert werden.

Infolge dieser Längenänderungen wird der in A0 gelagerte Taumelkörper in definierter Weise so in Bewegung versetzt, daß ein im Abstand BA0 vom Lager A0 entfernter Punkt B des Taumelkörpers eine geschlossene Bahn kB beschreibt, die weitergenutzt wird.

Das Lager A0 ist in Fig. 1 als Kugelgelenk dargestellt. Dies ist nicht zwingend, da im Sinne der erfindungsgemäßen Lösung auch allgemeinere Bewegungen des Taumelkörpers zulässig sind, sofern sie sich bezüglich des Lagers A0 in Dreh- und/oder Schubbewegungen um drei Achsen eines räumlichen kartesischen Koordinaten-

tensystems zerlegen lassen.

Für die Art der Weiternutzung der erfindungsgemäß erzeugten Bewegung des Punktes B bestehen vielfältige Möglichkeiten, von denen jedoch die meisten zum Fachwissen eines Antriebstechnikers zählen. Daher wird hier z. B. auf die zahlreichen Möglichkeiten, die Bewegungen des Taumelkörpers auf ein elastisches, plastisches oder fluides Medium zu übertragen, nicht weiter eingegangen.

Der Punkt B des Taumelkörpers kann insbesondere Antriebspunkt für ein Abtriebsglied mit Translations- oder Rotationsbewegung sein, indem er z. B. mit benachbarten Punkten einen Zahn bildet und in eine Verzahnung des Abtriebsgliedes eingreift (Fig. 1, 4 und 5). Entsprechend der in Fig. 4 dargestellten Variante können auch mehrere Punkte des Taumelkörpers mit vorgegebenem Zeitversatz zur Bewegungsübertragung auf ein verzahntes Abtriebsglied verwendet werden. Auf diese Weise wird für beide Drehrichtungen des Abtriebsgliedes eine Sperrfunktion integriert. Auf die Darstellung von in anderen Ausführungsformen (z. B. gem. Fig. 1) gegebenenfalls erforderlichen Sperreinrichtungen wurde verzichtet.

Der Punkt B kann auch als Gelenkpunkt einer anderen nachgeschalteten Gliedergruppe seine Bewegung übertragen (Fig. 2 und 3).

Ein wesentlicher Vorteil der mit der Erfindung realisierten kraftschlüssigen Bewegungsübertragung besteht in der Möglichkeit, die Frequenz der Abtriebsbewegung in weiten Grenzen durch Änderung der Erregerfrequenz der Aktoren zu ändern.

Diese vorteilhafte Eigenschaft steht bei einer reibschlüssigen Bewegungsübertragung, die sich mit der Erfindung zwar ebenfalls realisieren läßt, nicht zur Verfügung.

Durch Wahl der Lage der Punkte A als Anlenkpunkte der Aktoren am Taumelkörper und der Lage und Anzahl der Punkte B werden verschiedene Varianten der erfindungsgemäßen Lösung realisiert. So können die Punkte A1, A2, A3, A0 und B annähernd in einer Ebene liegen, woraus eine in Fig. 4 dargestellte flache, scheibenförmige Bauweise resultiert.

Andererseits sind auch schlanke Bauweisen gemäß Fig. 2 möglich, bei denen der Punkt B auf der Normalen zur Fläche A1, A2, A3 liegt.

Der Abstand der Punkte B von A0 und ihre Lage gegenüber den Punkten A und die Lage der Aktoren-Anlenkpunkte C0 bestimmen Größe und Form der Kurve des Punktes B und haben dadurch ebenfalls konstruktiven und funktionellen Einfluß.

Das Ausführungsbeispiel in Fig. 5 zeigt die Konstruktion eines aktorgetriebenen Motors ohne den elektrischen/elektronischen Teil. In einem mit Deckeln 2 und 3 verschlossenen Gehäuse 1 ist auf einer Kugel 4 ein Taumelkörper 5 gelagert.

Dieser Taumelkörper 5 wird durch drei Aktoren 6, die zwischen ihm und dem Gehäuse 1 durch eine Schraube 7 vorgespannt angebracht sind, entsprechend der Längsdehnung der Aktoren durch periodisch wechselnde Erregerspannungen bewegt.

Der Taumelkörper bewegt dabei ein fest mit ihm verbundenes außenverzahntes Rad 10. Dieses außenverzahnte Rad 10 steht im Eingriff mit einem innenverzahnten Rad 9, das auf der Welle 8 drehfest angeordnet ist, so daß die Welle eine Rotation ausführt.

## Patentansprüche

1. Antriebseinheit zur Erzeugung vorzugsweise rotatorischer Abtriebsbewegungen, insbesondere mittels piezoelektrischer Aktoren, mit mindestens drei als längsveränderliche Glieder eines räumlich wirkenden zwangsläufigen Gelenkgetriebes ausgebildeten Aktoren, die ihre nach einem vorgegebenem Schema oder einer vorgegebenen Funktion erzeugten Längenänderungen auf einen um ein Lager (A0) um drei Achsen beweglichen Taumelkörper als positionsbestimmend übertragen, wobei mindestens ein zweiter Punkt (B) dieses Taumelkörpers als Antriebspunkt oder Antriebsgelenk für ein Glied oder eine Gliedergruppe ausgebildet ist, die das Abtriebsglied kraft- oder formschlüssig in einer Richtung drehend oder translatorisch, schwingend bzw. hin- und hergehend bewegt, und/oder mindestens ein Punkt dieses Taumelkörpers seine Bewegungen einem elastischen, plastischen oder fluiden Medium überträgt.
2. Antriebseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein, vorzugsweise jedoch alle Aktoren längsschwingende piezoelektrische Baugruppen sind.
3. Antriebseinheit nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die drei Bewegungsachsen des Taumelkörpers in dessen Lager (A0) als Dreh- und/oder Schubachsen ausgebildet sind.
4. Antriebseinheit nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Taumelkörper sich im Lager (A0) um drei sich schneidende Drehachsen eines Kugelgelenks bewegt.
5. Antriebseinheit nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Orte der Gelenke zwischen den Aktoren und dem Taumelkörper sowie dem Lager (A0) dieses Körpers annähernd eine Scheibe bilden.
6. Antriebseinheit nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Lage der Aktoren die Eingrenzung der Bewegung des Taumelkörpers bestimmt wird.
7. Antriebseinheit nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Eingrenzung der die Längenveränderung der Aktoren erzeugenden Größe, z. B. der Erregerspannung bei piezoelektrischen Aktoren, die Bewegung des Taumelkörpers bestimmt wird.
8. Antriebseinheit nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der als Antriebspunkt oder Antriebsgelenk für ein Glied oder eine Gliedergruppe ausgebildete zweite Punkt (B) des Taumelkörpers funktionell durch einen Punkt eines anderen Körpers ersetzt ist, der mit dem Taumelkörper verbunden ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

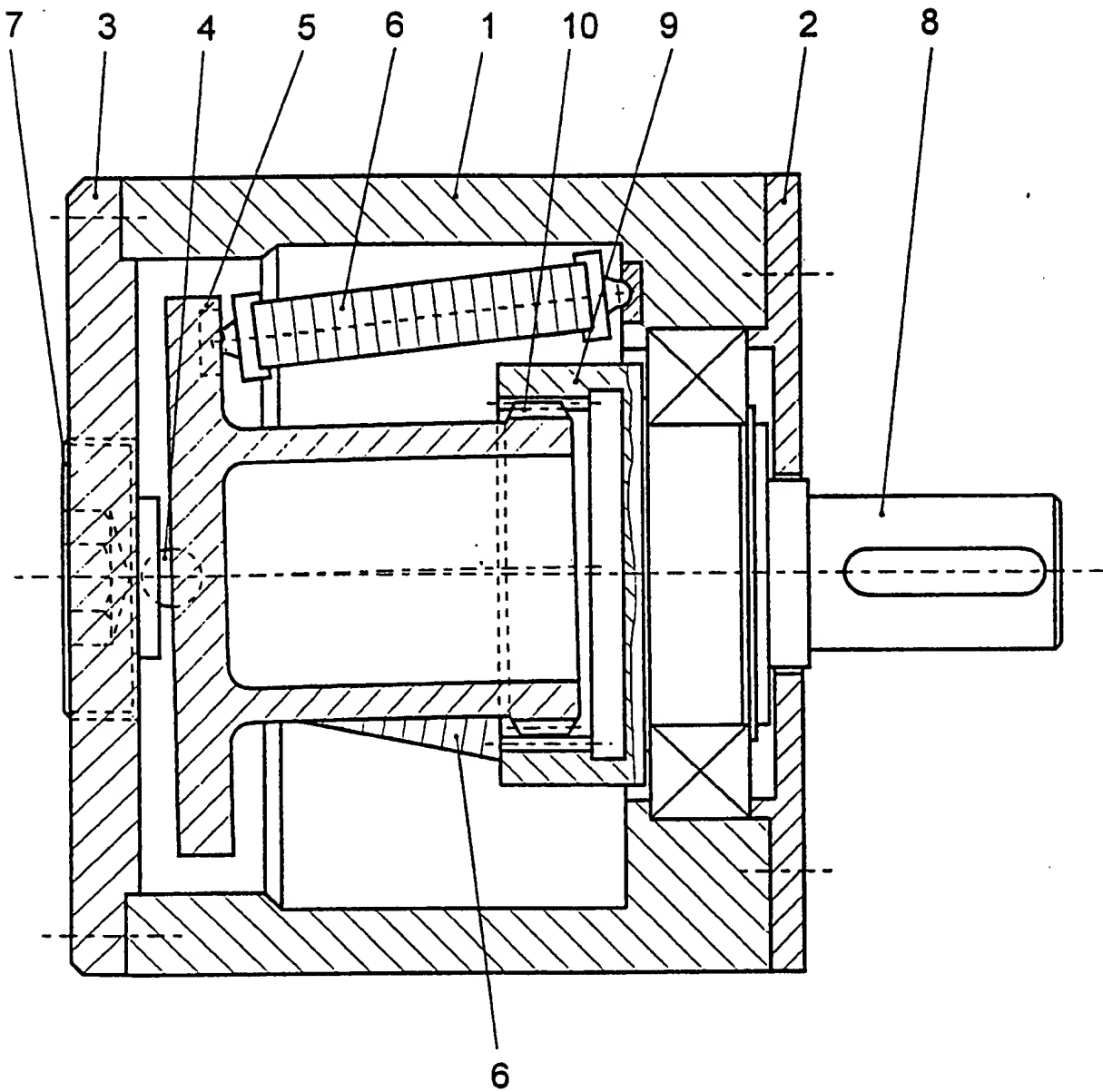


Fig. 5

\*

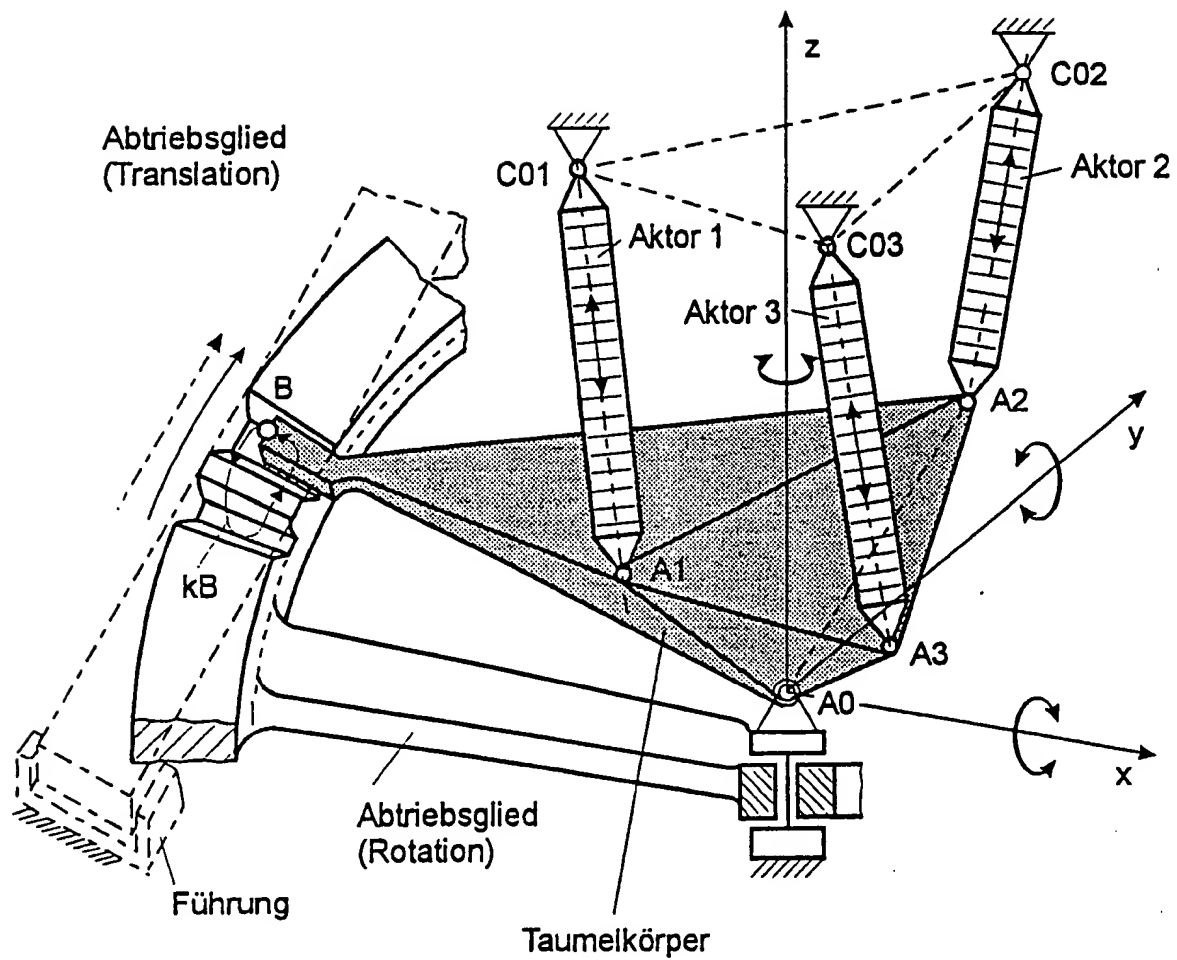


Fig. 1

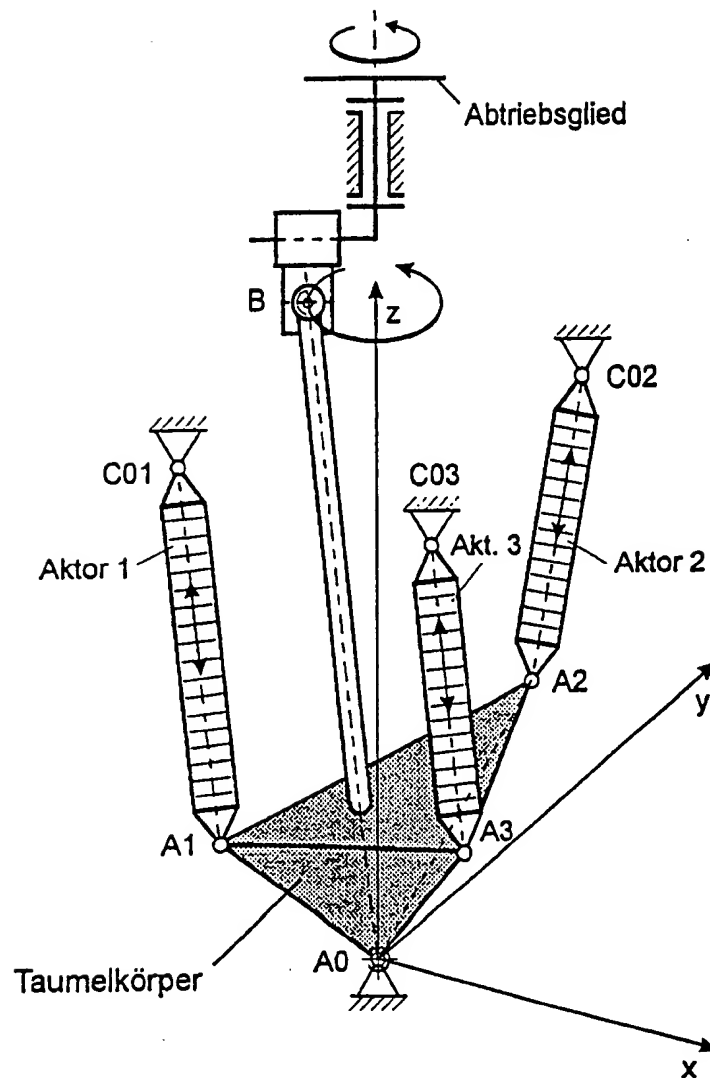


Fig. 2

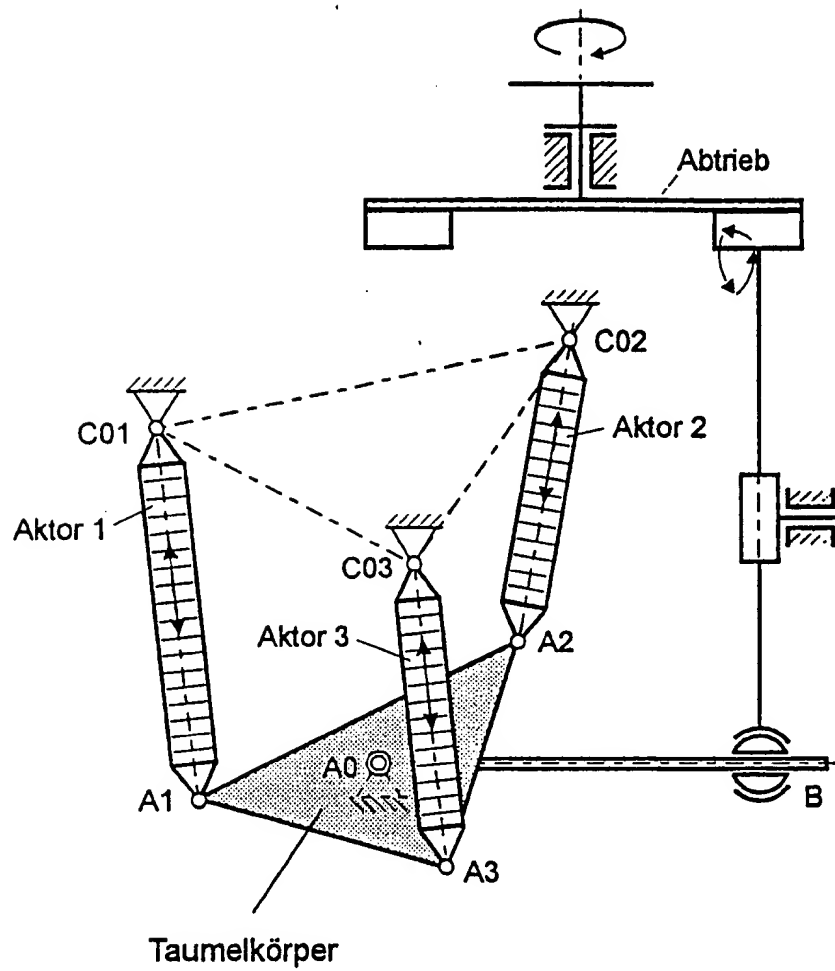


Fig. 3

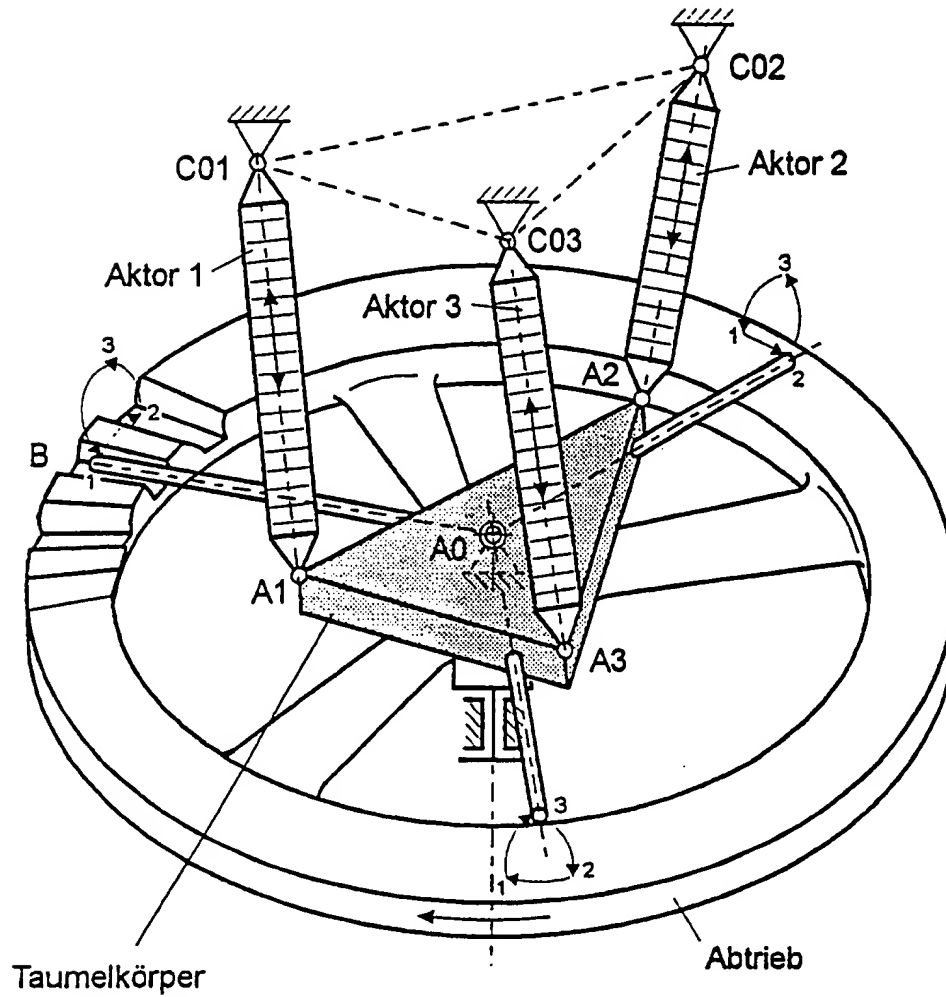


Fig. 4